



Pekka Tomperi

**SUOJAUSRATKAISUT JA ALIHANKINNAN ORGANISOINTI
MITTALAITTEILLE OULUN ALUEELLA**

SUOJAUSRATKAISUT JA ALIHANKINNAN ORGANISOINTI MITTALAITTEILLE OULUN ALUEELLA

Pekka Tomperi
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, energiatekniikka

Tekijä: Pekka Tomperi

Opinnäytetyön nimi: Suojausratkaisut ja alihankinnan organisointi mittalaitteille Oulun alueella.

Työn ohjaajat: Timo Väyrynen, Juha Roininen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 50 + 11 liitettä

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin optisten mittalaitteiden suojausratkaisut. Tilaajayrityksenä toimi Sapotech Oy. Tavoitteena oli taata mittalaitteiden luotettava toiminta osana terästeollisuuden prosessia. Mittalaitteiden suojauksella parannetaan mittalaitteiden kestävyyttä sekä mittaustulosten laatua ja luotettavuutta.

Työ toteutettiin suunnittelutyönä. Suunnittelun apuvälineenä käytettiin systemaattista suunnittelumetodia VDI 2222. 3D-mallit sekä kokoonpano- ja osapiirustukset toteutettiin SolidWorks-ohjelmistolla. Suunnittelutyön ja valmistuksen yhteistyöyrityksenä toimi oululainen konepajayritys Mectalent Oy.

Työn aikana kävi konkreettisesti esille teollisuudessa vallitsevat vaativat olosuhteet. Haasteita mittalaitteiden kestävyydelle asettavat suuret lämpötilanvaihtelut, pöly sekä rakenteissa kulkevat värinät. Suunnittelutyön lopputuloksena saatiin kokoonpano- ja osapiirustukset mittalaitteiden suojauksen valmistusta varten.

Jatkokehitysprojektina voitaisiin mitata mittalaitteiden suojauksen sisälämpötila käyttökohteessa. Tällä tavalla voidaan optimoida kuumissa kohteissa käytettävän jäähdytysilman tilavuusvirta.

Asiasanat: VDI 2222, säteilylämpö, mekaniikkasuunnittelu, suojaus

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö aloitettiin tammikuussa 2013 ja se valmistui toukokuun lopussa 2013. Työn toimeksiantajana toimi Sapotech Oy. Työn tavoitteena oli suunnitella mittalaitteiden suojausratkaisut terästeollisuuden olosuhteisiin.

Opinnäytetyö on tarjonnut minulle hienon mahdollisuuden kehittää opintojen aikana karttunutta tietopohjaa muun muassa tuotekehitystoiminnasta ja 3D-suunnittelusta. Opinnäytetyöprojekti on ollut myös oiva väylä ammatilliseen kehittymiseen oppilaitoksen ja työelämän välillä.

Haluan kiittää työn mahdollistamisesta Sapotech Oy:n innovaatio ja kehitysjohdajaa Juha Roinista ja teknologiajohtajaa Saku Kaukosta. Kiitos kuuluu myös Mectalent Oy:n mekaniikkasuunnittelija Jussi Hyyryläiselle ja OAMK:n tekniikan yksikön henkilöstölle sekä kaikille projektissa mukana olleille.

Oulussa 27.5.2013

Pekka Tomperi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELUMETODI VDI 2222	9
2.1 Tehtävän määrittely	9
2.2 Luonnostelu	10
2.2.1 Vaatimuslista	10
2.2.2 Abstrahointi	13
2.2.3 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin	14
2.2.4 Luonnosten karsiminen	16
2.3 Kehittely	17
2.4 Viimeistely	18
3 MITTALAITTEIDEN SUOJAUKSEN SUUNNITTELU	21
3.1 Suunnittelutyön aloitus ja tehtävän määrittely	21
3.1.1 Mittauslaitteisto ja dimensiot	21
3.1.2 Mittausten tarkoitus	22
3.2 Vaatimuslistan laatiminen	23
3.3 Abstrahointi	25
3.4 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin	27
3.4.1 Kokonaistoiminto	27
3.4.2 Osatoiminnot	28
3.5 Kilpailija-analyysi ja vastaavat tuotteet	29
3.6 Morfologinen laatikko	29
3.7 Huonojen vaihtoehtojen karsiminen morfologisesta laatikosta	32
3.7.1 Valintataulukko	33
3.7.2 Ratkaisuvaihtoehtojen analysointi	36
3.8 Konkretisointi ja pistearviointi	37

3.9 Vortex-putken valinta	39
3.9.1 Lämmönlähde	39
3.9.2 Kuvaajien tulkinta	39
3.10 Tulosten esittely	42
4 YHTEENVETO	45
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

SANASTO

Abstrahointi	Yleiskäsitteen muodostamista pelkistämällä.
Emissiivisyys	Pinnalle ominainen kerroin. Kertoo, kuinka lähellä ideaalista mustaa kappaletta pinta on säteilyominaisuuksiltaan. Mitä suurempi pinnan emissiivisyys on, sitä enemmän pinta imee itseensä säteilyenergiaa.
Intuitio	Välitön havainto
Mittalaitteiden suojaus	Suunnittelutyön tuloksena syntynyt kokonaisuus, jonka avulla eristetään mittalaitteet ympäristöstä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö alkaa suunnittelutyön apuvälineenä käytetyn systemaattisen suunnittelumetodi VDI 2222:n esittelyllä. Varsinaisessa suunnitteluosiossa esitetään optisten mittalaitteiden kotelorakenteen suunnittelutyö. Suunnittelutyön eteneminen raportoidaan vaihe vaiheelta. Raportin lopussa on esitetty suunnitellun kotelorakenteen kokoonpano- ja valmistuspiirustukset.

Suunnittelutyö on tehty tilaajayrityksen tarpeisiin koteloida optiset mittalaitteet terästeollisuuden prosessin kuvaamiseksi. Koteloinnin avulla parannetaan mittalaitteiden kestävyyttä ja taataan niiden pitkäaikainen toiminta. Onnistunut kotelointi vaikuttaa myös mittaustulosten laatuun ja luotettavuuteen.

Suunnittelutyön tilaajana on Oulussa toimiva Sapotech Oy. Sapotech Oy on perustettu vuonna 2012. Se on yksityisesti omistettu kotimainen yritys. Sapotech Oy tuottaa korkeateknologisia ja innovatiivisia laadunseurantaratkaisuja metalli- ja energiateollisuuden tarpeisiin. Toiminta pohjautuu erityisesti korkealämpötilaprosesseihin. (1.)

Sapotech Oy:n toimialueeseen liittyen työssä tutustutaan myös terästeollisuudessa vallitseviin lämpöolosuhteisiin. Tarkastelu keskittyy Outokummun terästehtaan kuumavalssaamalla esiintyvän lämpösäteilyn vaikutuksiin teräsrakenteissa. Kuumat teräsaihiot lähettävät ympäristöön suuria määriä lämpösäteilyä. Lämpöolosuhteisiin on syytä tutustua, jotta voidaan arvioida mittalaitteiden koteloinnin jäähdytystarvetta.

Suunnittelu toteutetaan oppilaitoksen SolidWorks-ohjelmistolla insinöörityön vaatimassa aikataulussa. Suunnitelmien toteutus valmiiksi rakenteeksi tehdään yhteistyössä Oulun alueella toimivien yritysten kanssa.

2 SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELUMETODI VDI 2222

Systemaattinen suunnittelumetodi VDI 2222 koostuu neljästä perusvaiheesta. Nämä ovat tehtävän määrittely, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tässä osiossa esitetään näiden perusvaiheiden sisältämät suunnittelumetodit. (2, s. 48.)

2.1 Tehtävän määrittely

Tuotteen suunnittelu alkaa tehtävän määrittelyllä. Tehtävän määrittely on syytä tehdä mahdollisimman laajasti suunnittelun alkuvaiheessa. Tällä tavalla vähennetään suunnittelun edetessä korjauksien tarvetta. (2, s. 62.)

Tuotekehitysprojektin ensimmäisessä vaiheessa annetaan nimitys suunnittelu-tehtävälle. Selvityksessä tutkittavia asioita voidaan havainnollistaa täsmentävien kysymysten avulla. Kysymysten avulla pyritään tuomaan varsinainen ongelma esiin. Pyritään etsimään sellaisia toivomuksia ja odotuksia, joita ei ole vielä mainittu. Pohditaan, ovatko tehtävän esiintuomat vaatimukset aitoja sekä mitä ratkaisulinjoja on löydettävissä. (2, s. 63.)

Toimeksiantoa käsiteltäessä on usein tarpeellista syventää sitä kokemuksen kautta rutiineiksi muodostuneilla toimenpiteillä. Reklamaatioiden käsittely antaa viitteitä siitä, millä tavalla tehtävää ei kannata hoitaa. Omien puutteiden tarkastelulla puolestaan kiinnitetään huomiota esimerkiksi valmistusteknisiin rajoitteisiin. Tekniikan tason määrittelyllä saavutetaan tuotteelle riittävät tekniset ominaisuudet. Yksinkertaiseen ongelmaan ei kannata tehdä monimutkaisia teknisiä ratkaisuja, elleivät nämä ominaisuudet palvele asiakkaan tarpeita. Suoritusarvojen ja painopisteiden määrittelyllä jäsennellään tuotekehitysprojektia hyvin aikaisessa vaiheessa. Tulevan kehityksen arviointi on erityisen kannattavaa, jos alalla on paljon kilpailua. (2, s. 63.)

Selvitysvaihe on erittäin tärkeä suorittaa huolellisesti. Kaikki tulevat vaiheet pohjautuvat selvitysvaiheeseen. Tavoitteena on kaikkien vaikuttavien tekijöiden huomioiminen ja optimiratkaisun kehittäminen. (2, s. 63.)

2.2 Luonnostelu

Tehtävänasettelun selvittämisen jälkeen siirrytään luonnosteluvaiheeseen. Luonnosteluvaihe jaetaan useaan työvaiheeseen. Nämä työvaiheet ovat vaatimustan laatiminen, abstrahointi, kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin sekä luonnosten karsiminen. Useilla vaiheilla varmistetaan, että kehittelyyn otetaan paras mahdollinen ratkaisuvaihtoehto. Luonnostelu on syytä tehdä huolellisesti, koska perustavanlaatuisten heikkouksien poistaminen kehittelyn ja viimeistelyn aikana on hankalaa. (2, s. 49.)

2.2.1 Vaatimuslista

Vaatimuslista on olennainen osa systemaattista suunnittelumetodia. Vaatimuslistassa esitetään laitteelle asetetut vaatimukset ja toiveet. Lista tuottaa perusteet myöhemmälle arvostelulle ollen apuna päätöksenteossa suunnitteluprojektin myöhemmissä vaiheissa. Kuvassa 1 on esitetty vaatimuslistan mallirakenne. (3, s. 81)

				Painos:	
Käyttäjä		Vaatuslistu Projekti, Tuote		Identifiointi Luokittelu Lehti: Sivu:	
Muu- tos	V T	Vaatusluset			Vastuuvu
Muutos pvm.	Tunnus V tai T	Esine- tai ominaisuus määrä- ja laatusuetoineen			Vastuullinen konstruktoryhmä
		Tarvittaessa jäsenneltynä osatusysteemeiksi (toiminto- tai rakenne- ryhmiksi) tai ohjelistan tunnusten mukaan			
Korvuu painoksen					

KUVA 1. Vaatimuslistan mallirakenne (2, s. 65)

Vaatimuslista sisältää koko työn täsmällisen kuvauksen. Vaatimuslistan laatimista varten tehdään selväksi vaaditut tavoitteet ja rajoitukset. Tämä toteutetaan vaatimusten ja toivomusten muodossa. Vaatimuslista on kaikkien vaatimusten ja toivomusten luettelo konstruktion toteuttavien osastojen kielellä. Vaatimuslista esittää työn lähtökohdat. Vaatimuslistaa päivitetään työn edetessä, joten se on myös ajankohtainen työskentelyn perusasiakirja. (2, s. 64.)

Vaatimuslistassa olevat tavoitteet tulee täyttää kaikissa olosuhteissa. Ehdotettu ratkaisu hylätään, mikäli se ei täytä vaatimuslistassa olevia ehtoja. Vähimmäisvaatimukset ilmoitetaan tarkoituksen ilmaisevalla tavalla. Vaatimusten ilmaisussa pyritään täsmällisiin lukuarvoihin. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee sanalliset lausumat muotoilla mahdollisimman selvästi. Mikäli vaatimusten aiheellisuus ei ole ilmeinen, on hyvä ilmoittaa myös vaatimuksen ja toivomuksen lähde. Tällöin on helppo kääntyä myöhemmissä vaiheissa vaatimuslistan tekijän puoleen ja vaatia tarvittavat perustelut. (2, s. 64.)

Toivomukset otetaan vaatimuslistassa huomioon mahdollisuuksien mukaan. Tällöin on suositeltavaa luokitella toivomukset mahdollisuuksien mukaan erittäin, keskinkertaisen ja vähemmän tärkeiksi. Tällainen jako helpottaa karsimaan toivomuksia kustannuksia mietittäessä. (2, s. 64.)

Vaatimuslistan laatiminen voi tuntua aluksi epätavalliselta ja työläältä. Kokeuksen karttuessa tulee käytettäväksi valmiita malleja, joita voidaan alakohtaisesti käyttää tulevilla vaatimustilanteissa. (2, s. 66.)

Vaatimuslistan laadintaan on olemassa apuvälineitä, joista yksi on päätunnuslista. Esimerkki päätunnuslistasta on esitetty taulukossa 1. Päätunnuslistan käyttö ei ole pakollista, ja vaatimuslista voidaan laatia myös eri mallin mukaan. Päätunnuslistan tarkoituksena on auttaa vaatimuslistan rakenteen hahmottelussa. (2, s. 68.)

TAULUKKO 1. Päätunnuksilla varustettu ohjelista vaatimuslistan laatimista varten (2, s. 68)

Päätunnukset vaatimuslistan laatimista varten	
Päätunnus	Esimerkkejä
Geometria	Suuruus, pituus, leveys, korkeus, läpimitta, tilantarve, lukumäärä, järjestely, liitäntä, lisäys, laajennus.
Kinematiikka	Liiketapa, liikesuunta, nopeus, kiihtyvyys.
Voimat	Suuruus, suunta, useus, paino, kuorma, muodonmuutos, jäykkyys, jousto, vakavuus, resonanssi.
Energia	Teho, hyötysuhde, häviö, kitka, ilmanvaihto, olosuureet: Paine, lämpötila, kosteus, lämmitys, jäähdytys, liitäntäenergia, varaaminen, työn tarve, energiamuunnos.
Aines	Tulo- ja lähtötuotteiden fysikaaliset- ja kemialliset ominaisuudet, apuaineet, laatumääräykselliset aineet, ainesvuo, materiaalin kuljetus.
Signaali	Tulo- ja lähtösignaalit, osoitustapa, käyttö- ja valvontalaitteet, signaalin muoto.
Turvallisuus	Välitön turvallisuustekniikka, suojausjärjestelmät, käyttö-, työ- ja ympäristöturvallisuus.
Ergonomia	Ihminen - konesuhde, käyttö, käytötapa, havainnollisuus, valaistus, muotoilu.
Valmistus	Tuotannon rajoitukset, suurin mitta, suosituin valmistustapa, valmistusvälineet, laatuvaatimukset, toleranssit.
Tarkastus	Mittaus- ja testaus, erityismääräykset (SFS, DIN, ISO).
Asennus	Erityiset asennusohjeet, kokoonpano, lisäasennus, asennus rakennuspaikalla, perustukset.
Kuljetus	Nosturit, koon- ja painonmukaiset kuljetustiet, lähetystapa, -ehdot.
Käyttö	Melu, kulumisnopeus, käyttöympäristö.
Kunnossapito	Huollon tarve, lukumäärä, ajan tarve, tarkastus, vaihdot, kunntoonpano, maalaus, puhdistus.
Kierrätys	Uudelleenkäyttö, päätevarastointi, poisto.
Kustannukset	Kehitys, valmistus, työkalu, investoinnit.
Määräajat	Kehitystyö valmis, välitavoitteet, toimitusaika.

Vaatimuslistan laatiminen voidaan suorittaa kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa vaatimukset kootaan päätunnuslistan mukaisesti. Seuraavaksi niille annetaan määrälliset ja laadulliset vaatimukset. Vaatimusten selventämiseksi voidaan pohtia ratkaisulta vaadittavia ja kiellettyjä ominaisuuksia. Tärkeintä on kuitenkin keskittyä ongelman ytimeen, eli mikä ongelma tulee ratkaista. Tärkeä vaihe on myös tiedon hankinta. Ilman tietopohjaa ei voida asettaa selkeitä vaatimuksia ja toiveita. Vaatimuksia voidaan myös luokitella erittäin, keskinkertaisen ja vähemmän tärkeiksi. (2, s. 67.)

Toisessa vaiheessa vaatimukset järjestetään mielekkäästi. Tähän kuuluvat ratkaisulta vaadittavat päätehtävät ja luonteenomaiset päätosit. Lisäksi päätehtävä jäsennetään tunnistettavien elementtien mukaan. Näitä ovat osajärjestelmät, toimintoryhmät, rakenneryhmät ja ohjelman päätunnukset. (2, s. 67.)

2.2.2 Abstrahointi

Abstrahointi on vaatimuslistan pohjalta toteutettava menetelmä, jolla kokemuseräiset ideat analysoidaan. Analyysin avulla ideat pilkotaan pitkälle toiminnan perusosiin. Tarkoituksena on poistaa kokemussidonnaisuus. Näistä perusosista ei voi enää tunnistaa toistumaan pyrkivää rakennetta. Tästä huolimatta ne sisältävät tärkeää tietoa toimivuudesta. (2, s. 74.)

Abstrahoinnissa ei oteta huomioon yksilöllisyyttä ja tilapäisyyttä, vaan yritetään korostaa yleispätevyyttä ja oleellisuutta. Abstrahointi on työkalu, jota käytetään ennakkokäsityksistä ja vallitsevista mielikuvista vapautumiseen. Ennakkokäsitykset tietyntyyppisestä ratkaisusta voivat muodostua huomaamatta alitajuisesti, eli intuition kautta. (2, s. 73.)

Abstrahointi voidaan toteuttaa vaatimuslistan pohjalta. Tällöin vaatimuslistasta poistetaan toivomukset. Toiminnan kannalta epäoleelliset vaatimukset poistetaan ja huomioidaan myöhemmin. Vaatimuslistan määrälliset tiedot asetetaan laadullisiksi ja otetaan vain välttämättömät mukaan tarkasteluun. Tämän jälkeen asetetaan ongelman määrittely ratkaisun suhteen neutraaliksi. Abstrahoinnin

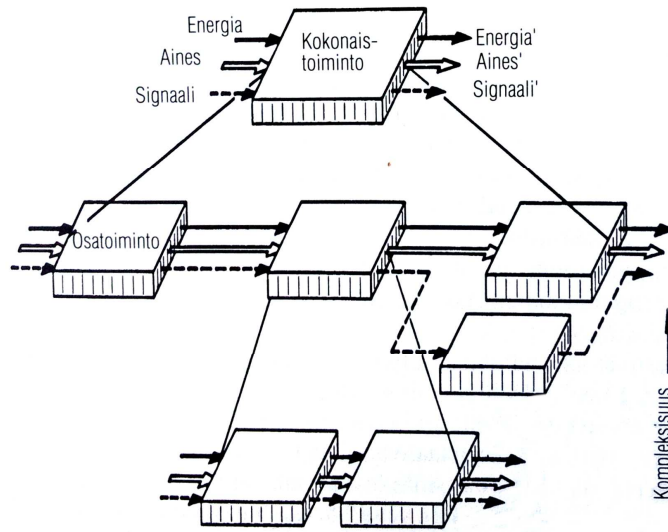
seurauksena tehtävän kuvaus on mahdollisimman lyhyessä muodossa. (2, s. 74.)

2.2.3 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin

Abstrahoinnin seurauksena vaatimuslistassa määritellyt vaatimukset on esitetty mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa. Tätä mahdollisimman yksinkertaista esitysmuotoa kutsutaan laitteen kokonaistoiminnoksi. Kokonaistoiminto on laitteen päätehtävä. Laitteen kokonaistoiminto voidaan jakaa edelleen osatoimintoihin. Osatoiminnot ovat laitteen kokonaistoiminnon mahdollistavia yksittäisiä toimintoja. (4, s. 32.)

Kokonaistoiminnon jakamisen tarkoituksena on pyrkiä yksinkertaiseen toimintorakenteeseen. Osatoimintovaihtoehtojen määrä riippuu ongelman laajuudesta. Monimutkaisten osatoimintorakenteiden laatiminen ei palvele tarkoitusta yksinkertaisten rakenteiden suunnittelussa. Osatoimintoihin jako helpottaa kehitettävän tuotteen osasysteemien erottamista toisistaan. Tällöin monimutkaisenkin laitteen erillisten toimintojen suunnittelu on vapaampaa ilman häiritseviä toiminnollisia riippuvuuksia. (2, s. 83.)

Kuvassa 2 on esitetty kaavio, jossa muodostetaan laitteelle toimintorakenne. Toimintorakenne muodostetaan jakamalla kokonaistoiminto osatoiminnoiksi. Kokonaistoiminto voidaan esittää energia-, aines- ja signaalimuunnoksesta riippuvaisena. Tämä periaatteellinen malli ilmoittaa tulo- ja lähtösuureiden välisen yhteyden ratkaisusta riippumattomalla tavalla. (2, s. 81)



KUVA 2. Toimintorakenteen muodostaminen jakamalla kokonaistoiminto osatoiminnoiksi (2, s. 82)

Tarkastellaan esimerkin kautta kokonaistoiminnon jakoa osatoiminnoiksi. Ote-
taan esimerkiksi taulutelevision seinäteline. Seinätelineen kokonaistoiminto on
mahdollistaa television kiinnittäminen seinään. Osatoimintoja ovat esimerkiksi
television etäisyydensäätö seinän suhteen, television kulman säätö seinän suh-
teen sekä television kiinnittäminen seinätelineeseen. Nämä osatoiminnot mää-
rittelevät seinätelineeltä vaaditun toimintorakenteen.

Kokonaistoimintoa määriteltäessä eritellään ongelma eli mietitään, mitä on teh-
tävä. Television seinätelineen tapauksessa televisio halutaan kiinnittää seinään.
Ongelman ollessa selvillä pohditaan vaihtoehtoja sen ratkaisemiseksi. Osa-
toiminnot muodostavat ratkaisuvaihtoehtoja kokonaistoiminnon toteuttamiseen.
Ratkaisuvaihtoja etsittäessä kritiikkiä pyritään tietoisesti vähentämään ja tuote-
taan paljon ideoita ja ratkaisuvaihtoehtoja. Näistä valitaan parhaiten ongelman
ratkaisuun soveltuvat vaihtoehdot. Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin tuot-
taa siis käsiteltävään ongelmaan ratkaisuvaihtoehtoja eli luonnoksia. (4, s. 33.)

2.2.4 Luonnosten karsiminen

Luonnosten ongelmana on yleensä liitettävyys ja tilankäyttö kokonaisrakenteessa. Tällöin tulee keskittyä yhteensopivuuden parantamiseen sekä yhdistelmien puutteiden parantamiseen. Osatoimintoihin jaon tuloksena käytettävissä on suuri määrä ratkaisuvaihtoehtoja. Osa näistä ratkaisuvaihtoehdoista on täysin tilanteeseen sopimattomia. Ratkaisuvaihtoehtojen arvioimiseen voidaan käyttää taulukossa 2 esitettyä mallia. (4, s. 79.)

TAULUKKO 2. Arvostelutaulukko luonnosten arvioimiseen (4, s. 79)

Ratkaisuvaihtoehdot	Arvosteluperusteet							Huomautuksia (ohjeita, perusteluja)	Päätös
	A Vastaa tehtävän asetusta	B Täyttää vaatimustilan	C Toteuttamiskelpoisuus hyvä	D Kustannukset kohtuulliset	E Täyttää välttämättömät turvallisuusvaatimukset	F Soveltuu omaan alaan	G Muuta		
1	+	+	+	?	+	+		D: Lukuisat anturit nostavat hintaa	?
2	+	-						B: Hyötysuhde liian pieni	-
3	+	+	+	+	+	+			+
4	-	-							-
5	+	!	+	+	+	+		B: Vaatimuslista tasapainoton ?	!
6	+	+	+	-					-
7	-	-							-
8	+	+	-						-
9	+	+	+	+	+	?		F: Tekninen tieto riittämätön ?	?
10	-	-							-
11	+	+	+	+	+				+
12	+	+	+	-					-

Talukossa 2 vaihtoehtojen arvioiminen tapahtuu kyllä/ei-periaatteella. Esimerkkitaulukko on kirjoitettu tavanomaiset perusteet vaihtoehtojen arvioimiselle. Taulukon 2 läpikäymisellä saadaan karsittua ongelman ratkaisuun selvästi sopimattomat ratkaisuvaihtoehdot. (4, s. 79.)

Luonnostelun loppuvaiheessa on päädytty tilanteeseen, jolloin valitaan lopulliseen kehitykseen soveltuva ratkaisuvaihtoehto. Tyypillisesti tässä vaiheessa on vertailtavana kahdesta kolmeen vaihtoehtoa. Tämän vaiheen

tarkastelu pohjautuu vahvasti vaatimuslistassa määritettyihin vaatimuksiin. (4, s. 80.)

Vaihtoehtoisten luonnoksien arviointiin voidaan käyttää pistelaskentaan perustuvaa teknistaloudellista arviointia. Arviointi suoritetaan vertaamalla luonnosten ominaisuuksia vaatimuslistassa esitettyihin vaatimuksiin. Arvioinnin apuna käytetään eri ominaisuuksien tärkeyttä ilmaisevia painokertoimia. Arvioinnin tuloksena syntyy kokonaisluonnos. Tämä luonnos siirretään varsinaiseen suunniteluun, jossa yksityiskohdat hiotaan valmiiksi valmistusta varten. (4, s. 82.)

2.3 Kehittely

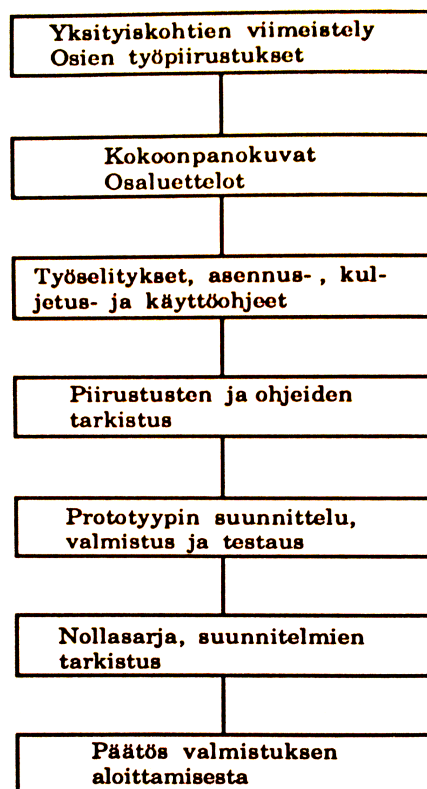
Kehittely on suunnittelutyön vaihe, jossa teknisen tuotteen rakenne kehitetään yksikäsitteiseksi ja täydelliseksi. Kehittelyssä huomioidaan myös tekniset ja taloudelliset näkökohdat. Kehitysvaiheen pääpaino on kuitenkin muodostaa suunnitelmista konkreettinen tuote. Kehitysvaiheessa käytettäviä menetelmiä ovat esimerkiksi teknistaloudellinen arviointi, heikkojen kohtien poistaminen ja arvoanalyysi. (4, s. 92.)

Ensimmäisenä kehitysvaiheessa käydään läpi vaatimuslistassa ja abstrahoinnissa tuotteelle asetetut vaatimukset ja tavoitteet. Vaatimustyyppejä ovat mittavaatimukset, toiminnalliset vaatimukset ja raaka-ainevaatimukset. Näistä esimerkkejä ovat liitännämitat, ergonomiset mitat, käyttöasento, liikesuunta, korroosionkestävyys ja hitsattavuus. (4, s. 92.)

Kehittämismuodossa pyritään tilanteeseen, jolloin ratkaisu saa lopullisen muotonsa. Tässä vaiheessa määritellään pääosiltaan valmistusmenetelmät, alihankinnat ja ostettavat komponentit. Kehittämismuodossa aloitetaan myös valmistustekninen suunnittelu, sekä käynnistetään alihankintatyöt ja komponenttitalaukset. Mittakaavaan piirretty luonnos sisältää tuotteen lopulliset ominaisuudet, kustannukset, muodon, valmistustavan ja vaadittavan laadun. (2, s. 178.)

2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaihe sisältää laitteen valmistamiseen ja käyttämiseen tarvittavien dokumenttien laatimisen. Näitä ovat esimerkiksi työpiirustukset, asennus- ja käyttöohjeet sekä työselitykset. Viimeistelyvaiheessa päätetään myös käytettävät valmistusmateriaalit, valmistustavat sekä toleranssit ja pintakäsittely. Viimeistelyvaihe voidaan jakaa seitsemään erilliseen työvaiheeseen. Nämä vaiheet on esitetty kuvassa 3. (4, s. 99.)



KUVA 3. Viimeistelyn työvaiheet (4, s. 100)

Ensimmäisessä vaiheessa viimeistellään suunniteltavan kokonaisuuden yksityiskohdat. Tällöin ratkaistaan osien valmistukselliset ongelmat. Ratkaisuihin huomioidaan standardiosien ja alihankkijoilta ostettavien valmiiden ratkaisujen mahdollisuudet. Huomiota kiinnitetään myös valmistusmateriaaleihin sekä valmistusmenetelmiin. Valmistusmenetelmät määräävät osaltaan käytettävissä

olevat toleranssit. Ensimmäisen vaiheen lopputuloksena laitteesta on olemassa valmistuspiirustukset. (4, s. 99.)

Laitteen valmistus vaatii myös kokoonpanokuvat. Tämä vaihe korostuu erityisesti suuria ja monimutkaisia laitteita valmistettaessa. Laitteen osat muodostavat rakenneryhmiä. Rakenneryhmien muodostaminen riippuu muun muassa projektin aikataulusta ja toivotusta osien valmistusjärjestyksestä. (4, s. 99.)

Kolmannessa vaiheessa laaditaan työselitykset, asennus-, kuljetus- ja käyttöohjeet. Nämä täydentävät osaltaan osa- ja kokoonpanopiirustuksia. Työselityksiä ovat esimerkiksi hitsauspiirustukset, korroosionsuojaus sekä laitteelle vaadittavat pintakäsittelyt. (4, s. 100.)

Ennen laitteen valmistuksen aloittamista on erittäin tärkeää suorittaa piirustusten ja ohjeiden huolellinen tarkistus. Tarkistuksessa huomioitavia asioita ovat piirustusten ja osaluetteloiden standardienmukaisuus, yksiselitteisyys sekä valmistusystävällisyys. Huolellisesti tehty tarkistustyö voi paljastaa laitteesta toimintaa haittaavia virheitä. Myöhemmässä vaiheessa huomatu virheet suunnitelmissa nostavat kustannuksia aiheuttamalla lisää työtä. Tämän vaiheen suorittavat piirustusten tekijät ja tarkastajat. (2, s. 458; 4, s. 100.)

Oleellinen osa viimeistelyvaihetta on prototyypin valmistaminen. Prototyypin valmistuksessa epäonnistumiset ovat tavallisia ja jopa toivottuja. Vaikeudet ja epäonnistumiset ovat arvokasta kokemusta ja antavat tietoa laitteessa olevista ongelmista. (4, s. 102.)

Prototyypin valmistuksessa edellä esiteltyjä työvaiheita ei tehdä täydellisesti. Sen sijaan työvaiheita täydennetään prototyypin testauksesta saaduilla tiedoilla. Prototyypin valmistusvaiheeseen kuuluu prototyypin valmistus, testaus, tulosten analysointi sekä suunnitelmien tarkistus kerätyn tiedon pohjalta. (4, s. 102.)

Prototyyppi on usein halpojen laitteiden työvaihe. Kalliista ja suurista rakenteista prototyyppiä ei usein ole mahdollista valmistaa. Jotta kalliiden laitteiden ratkai-

sujen todenmukaisuus voidaan todentaa, käytetään pienoismalleja ja kriittisimpien osien täydessä mittakaavassa olevia koekappaleita. (4, s. 99.)

Nollasarja tehdään siinä tapauksessa, jos tuote on tarkoitettu sarjatuotantoon. Nollasarjan avulla testataan sarjatuotantoon soveltuvia valmistusmenetelmiä. Nollasarjasta saadaan myös tietoa valmistuskustannuksista ja tuotteen teknisistä ominaisuuksista. Nollasarjan suuruus riippuu tuotteen yksikköhinnasta. Kalliin tuotteen tapauksessa nollasarjan suuruus on suurimmillaan muutaman kymmenen kappaleen luokkaa. Edullisemmilla tuotteilla nollasarjan suuruus on yleensä muutamia satoja kappaleita. (4, s. 102.)

Laitteen tuotannon aloittaminen ei merkitse tuotekehitysprojektin päättymistä. Tuotteen pitkä elinkaari ja kilpailukykyisyys vaativat jatkuvaa kehittämistä. Jatkokehitys sisältää tietoa tuotteen käyttöhäiriöistä, rakenteellisista vioista ja asiakkaiden reklamaatioista. (4, s. 102.)

3 MITTALAITTEIDEN SUOJAUKSEN SUUNNITTELU

Mittalaitteiden suojauksen suunnittelu noudattaa systemaattisen suunnittelumetodi 2222:n periaatteita. Mittalaitteiden suojauksen suunnittelun edetessä annetut vaatimukset muutetaan konkreettiseen muotoon. Mittalaitteiden suojauksen suunnittelun tuloksena saadaan kokoonpano- ja valmistuspiirustukset, joiden mukaan voidaan valmistaa toimiva tuote.

3.1 Suunnittelutyön aloitus ja tehtävän määrittely

Suunnittelutyö alkoi tehtävän määrittelyllä. Tehtävänä oli suunnitella Sapotech Oy:lle optisten mittalaitteiden suojausratkaisut. Optiset mittalaitteet sijoitetaan teollisuuden haastaviin olosuhteisiin laadunvalvontatehtäviin. Mittalaitteiden sijoituspaikka on Outokumpu Stainless Oy:n Tornion terästehtaan kuumavalsaamo. Erityistä huomiota suunnittelussa kiinnitetään lämmön ja pölyn aiheuttamien haittojen ehkäisyyn herkissä mittalaitteissa.

Suojattava mittauslaitteisto koostuu kamerasta ja laserista. Nämä optiset mittalaitteet kuvaavat punaisena hehkuvaa teräsaihiota. Vaatimuksena on, ettei aihioista lähtevä lämpösäteily saa aiheuttaa häiriöitä mittalaitteiden toiminnalle.

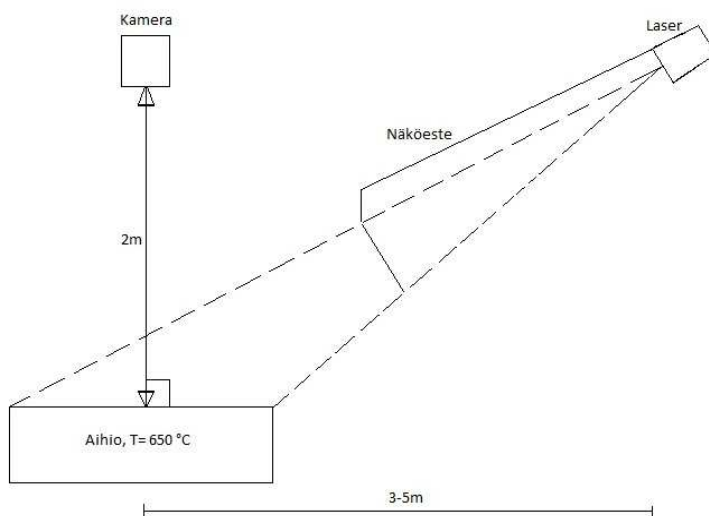
Mittalaitteiden suojausratkaisun materiaalihankinnat ja valmistus ulkoistetaan. Suunnittelu toteutetaan opinnäytetyönä. Suunnitteluohjelmaksi käytetään SolidWorks-ohjelmistoa. Kiinnostavia yhteistyökumppaneita etsittiin Oulun seudulla toimivista yrityksistä. Yhteistyökumppaniksi valikoitui neuvottelujen jälkeen Mectalent Oy. Paikallisten yritysten kanssa työskenneltäessä yhteydenpito on helppoa ja tapaamiset onnistuvat lyhyelläkin varoitusajalla.

3.1.1 Mittauslaitteisto ja dimensiot

Koteloitava mittauslaitteisto sisältää kaksi pääkomponenttia. Nämä ovat kamera ja laseroptiikka. Tarkkailtava kohde on kuuma teräsaihio, jonka lämpötila on noin 850 °C. Mittausjärjestelyssä aihiota valaistaan lasersäteiden avulla ja kame-

ra kuvaa ahiota kohtisuoraan ylhäältä. Lasersäde suunnataan yläviistosta ahiion pintaa kohti.

Kameran ja laseroptiikan etäisyydet tarkasteltavasta ahiosta on esitetty kuvassa 4. Kameran etäisyys ahiosta on noin 2 metriä. Laserin etäisyys ahiosta on noin 3 - 5 metriä. Mittalaitteiden etäisyydet ahiosta riippuvat käytetyn optiikan polttovälistä. Kuvassa 4 näkyy myös laitteiston käyttöturvallisuutta lisäävä näköeste. Näköesteellä estetään suora katsekontakti lasersäteeseen.



KUVA 4. Mittausjärjestelyn periaatekuva

3.1.2 Mittausten tarkoitus

Kamera ottaa laser-valaistusta ahiosta kuvan, jolloin punahehkuisesta ahiosta saadaan muodostettua mustavalkoinen varjokuva. Tästä korkearesoluutioisesta varjokuvasta voidaan nähdä erittäin hyvin aihion pinnassa olevat yksityiskohdat. Näkyvät yksityiskohdat ovat yhden millimetrin kokoluokkaa. Näitä yksityiskohtia on mahdoton nähdä punahehkuisesta ahiosta paljaalla silmällä.

Näiden erittäin tarkkojen mustavalkokuvien avulla voidaan huomata ahioiden valuvirheet aikaisessa vaiheessa, ja siirtää valuvikaiset ahiot uudelleen sulatettavaksi ja valettavaksi. Näin estetään pintavikaisten ahioiden aiheuttamat vahingot muun muassa valssirullissa. Tällä tavalla saavutetaan paremman val-

vonnan kautta pienentyneet kunnossapitokustannukset ja parempi lopputuotteen laatu.

3.2 Vaatimuslistan laatiminen

Vaatimuslistan laatimista on käsitelty kohdassa 2.2.1. Vaatimuslistassa määritellään mittalaitteiden suojaukselle asetetut vaatimukset. Vaatimuslistan määrittelyssä käytettiin apuna taulukossa 1 olevaa päätunnuslistaa. Vaatimuslistaa laadittaessa käytettiin myös mittausjärjestelyn periaatekuvaa. Mittausjärjestelyn periaatekuva on esitetty kuvassa 4. Vaatimuslista toimitettiin Mectalent Oy:lle, jossa mekaniikkasuunnittelijat ideoivat mahdollisia ratkaisumalleja vaatimusten pohjalta. Mittalaitteiden suojauksen vaatimuslista on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Vaatimuslista

1. Painos 22.2.2013			
Mectalent		Vaatimuslista – Optisten mittalaitteiden eristäminen tehdasympäristöstä. Mittalaitteiden asemointi prosessiin.	Lehti: 1 Sivut:1
Muutokset pvm.	V T	Vaatimukset V = vaatimus, T = toivomus	Vastaava
		<p>Käyttö Ratkaisun tulee suojata optisia mittalaitteita teollisuusympäristössä sekä mahdollistaa mittalaitteiden suojaus, kiinnitys ja asemointi prosessin kuvausta varten.</p> <p>Hallin lämpötila vaihtelee vuodenajan mukaan välillä +5 °C...+35 °C. Kamera on 2 metrin etäisyydellä aihioista, jonka T = 650 °C.</p> <p>Geometria ja komponenttien ulkomitat</p> <p>1. Kotelon ulkomitat: - pituus: 400 mm</p> <p>2. Kotelon malli on putki</p> <p>Komponenttien ulkomitat</p> <p>3. Laser-yksikkö - ulkomitat: 75 mm x 78 mm x 288 mm - massa: 1 900 g</p> <p>4. Kamera - ulkomitat: 46 mm x 46 mm x 63 mm - massa: 243 g</p> <p>5. Objektiivi - pituus: 37 mm - suurin halkaisija: 34 mm - massa: 75 g</p> <p>6. Kamera ja laser ovat erillisissä koteloidissa.</p> <p>7. Saman kotelomallin tulee soveltua kameralle ja laserille.</p> <p>Kunnossapito</p> <p>8. Kotelon päädyssä on vaihdettava ja läpinäkyvä suojalevy.</p> <p>Kinematiikka</p> <p>9. Mittalaitteet tulee pystyä kohdistamaan ja lukitsemaan suunnasta riippumatta.</p>	

(jatkuu)

Taulukko 3. Vaatimuslista (jatkuu)

V	10. Kamera tulee pystyä kohdistamaan ja lukitsemaan kohtisuoraan aihion pintaa kohti.
T	11. Kamera tulee pystyä kohdistamaan aihion leveyssuunnassa 300 mm alueella.
T	12. Kameran ja laserin suuntaa voi säätää kotelon sisällä.
Asennus	
T	13. Tuotteen asentaminen asennuspaikalla ei vaadi hitsaamista.
V	14. Laitteisto tulee pystyä kiinnittämään kävelysillan I-palkkiin.
Energia	
V	15. Kotelon sisälle ei saa muodostua kosteutta.
V	16. Lämpösäteily ei saa vaikuttaa mittalaitteiden toimintaan.
V	17. Pöly ei saa aiheuttaa vahinkoa mittalaitteille.
V	18. Kotelon sisälämpötilan maksimiarvo $T_{\max} = 45\text{ °C}$.
V	19. Tärinä ja shokki-iskut eivät saa häiritä laitteiden toimintaa.
Turvallisuus	
V	20. Lasersäteellä täytyy olla näköeste.
Kustannukset	
T	21. Tuotantohinta 2 000 €.

3.3 Abstrahointi

Vaatimuslistasta saadaan oleelliset asiat esille analysoimalla toiminnolliset riippuvuudet. Tähän käytetään askelittaisen abstrahoinnin menetelmää. Tähän menetelmään sisältyvät vaiheet on esitetty taulukossa 4. Vaatimuslistan abstrahointi on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 4. Askelittaisen abstrahoinnin vaiheet

Askelittainen abstrahointi	
1. Askel	Jätetään ajatuksissa toivomukset pois.
2. Askel	Jätetään sellaiset vaatimukset pois, jotka eivät välittömästi koske toimintaa ja oleellisia ehtoja.
3. Askel	Määrälliset toteamukset muutetaan laadullisiksi ja supistetaan oleelliseen pitäytyviksi lausumiksi.
4. Askel	Laajennetaan mielekkäästi tähän saakka tunnettua.
5. Askel	Muotoillaan ongelma ratkaisuun nähden neutraalisti.

TAULUKKO 5. Vaatimuslistan abstrahointi

Abstrahointi

Tulos 1. ja 2. askeleen jälkeen

Hallin lämpötila vaihtelee vuodenajan mukaan välillä +5 °C...+35 °C.
Kamera on 2 metrin etäisyydellä aihioista, jonka lämpötila $T = 650\text{ °C}$.

1. Kotelon ulkomitat
 - pituus: 400 mm
2. Muoto on putki, ei saa muuttaa.

Komponenttien ulkomitat

3. Laser-yksikkö
 - ulkomitat: 75 mm x 78 mm x 288 mm
 - massa: 1 900 g
4. Kamera
 - ulkomitat: 46 mm x 46 mm x 63 mm
 - massa: 243 g
5. Objektiivi
 - pituus: 37 mm - 93 mm
 - halkaisija: 34 mm - 53,0 mm
 - massa: 75 g - 350 g
6. Kamera ja laser ovat erillisissä koteloidissa.
7. Kotelon päädyssä on vaihdettava suojalevy.
8. Kamera pystytään kohdistamaan ja lukitsemaan kohtisuoraan aihion pintaa vasten.
9. Kotelon sisälle ei saa muodostua kosteutta.
10. Säteilylämpö ei saa vaikuttaa mittalaitteiden toimintaan.
11. Pöly ei saa aiheuttaa vahinkoa mittalaitteille.
12. Kotelon sisälämpötilan maksimiarvo $T_{\max} = 45\text{ °C}$.
13. Tärinä ja shokki-iskut eivät saa aiheuttaa häiriöitä laitteiden toimintaan.
14. Lasersäteellä tulee olla näköeste.
15. Kameran etäisyys kiinnityspintaan on 400 mm.

Tulos 3. askeleen jälkeen

1. Laseroptiikan tulee mahtua suojaputkeen.
2. Kameran ja objektiivin tulee mahtua suojaputkeen.
3. Komponenttien mitat ovat vaihtelevia.
4. Laser ja kamera ovat erillisissä koteloidissa.
5. Ulkolämpötilat muuttuvia.
6. Lämpösäteilyn muutokset.
7. Laser-säde voi aiheuttaa silmävaurion.
8. Kameran tulee olla kohdistettava ja lukittava.
9. Kotelon sisälämpötila ei saa nousta liian suureksi.

Tulos 4. askeleen jälkeen

1. Lämpösäteily torjuttava.
2. Mittalaitteet on eristettävä ympäristöstä.
3. Tarkka asemointi ja asemoinnin varmistaminen.
4. Estettävä henkilöihin kohdistuvat vaarat.

Tulos 5. askeleen jälkeen (ongelman muotoilu)

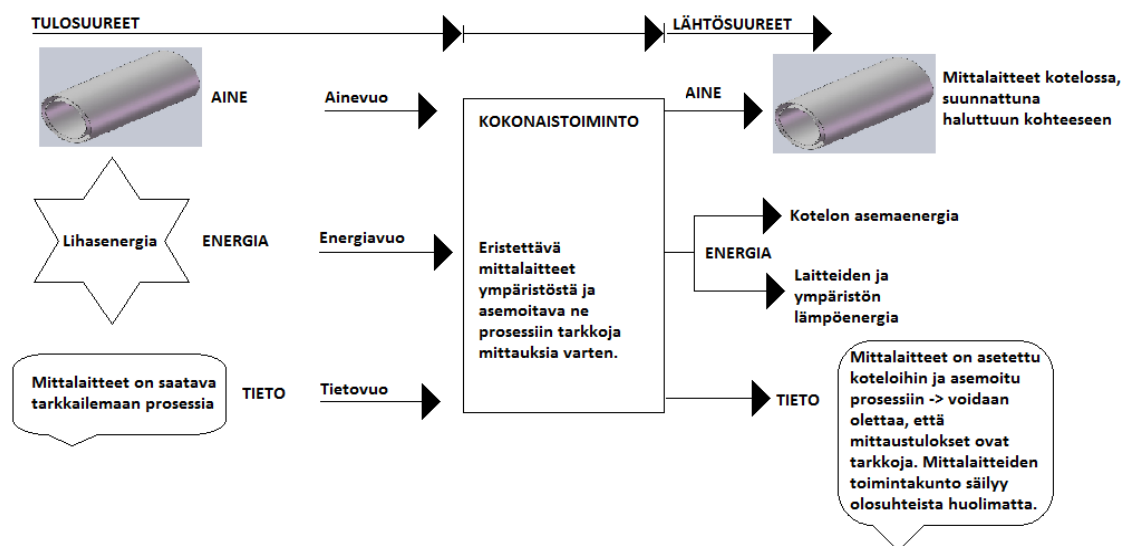
1. Eristettävä mittalaitteet ympäristöstä ja asemoitava ne prosessiin tarkkoja mittauksia varten.

3.4 Kokonaistoiminnan jako osatoimintoihin

Kokonaistoiminnan jako osatoimintoihin on käsitelty luvussa 2.2.3. Seuraavaksi esitetään mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto jaettuna tulo- ja lähtösuureiden erilaisiin tyyppeihin. Tämän jälkeen jaetaan mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto osatoimintoihin.

3.4.1 Kokonaistoiminto

Mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto on esitetty kuvassa 5. Järjestelmän suorittama kokonaistoiminto on jaettu tulo- ja lähtösuureiden erilaisiin tyyppeihin. Nämä ovat aine, energia ja tieto. Kuvassa 5 esitetyt suureet mahdollistavat kokonaistoiminnan. Järjestelmän kokonaistoiminto on eristää mittalaitteet ympäristöstä ja asemoida ne prosessiin tarkkoja mittauksia varten. (3, s. 83.)



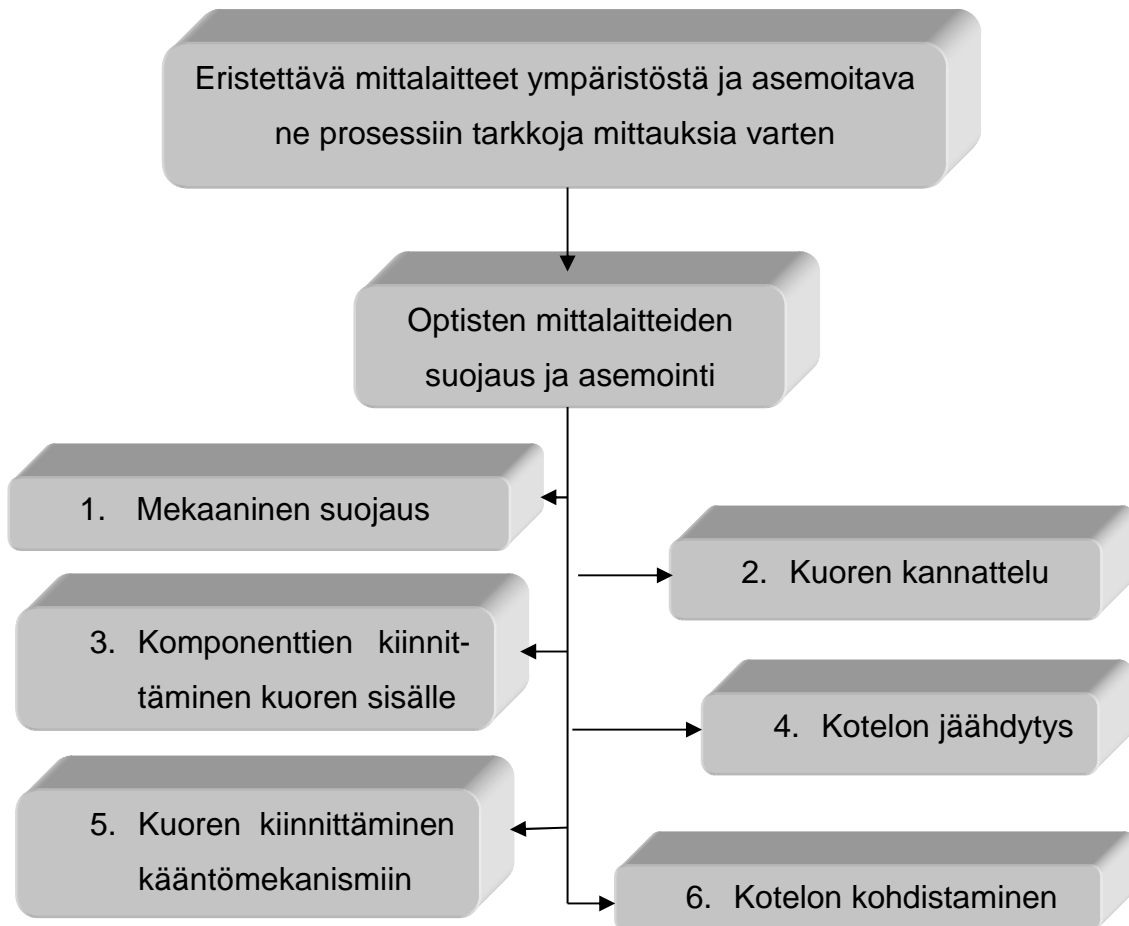
KUVA 5. Mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto (3, s. 83)

Kuvassa 5 esitetyn kokonaistoiminnan jaon perusteella ratkaisun systemaattinen etsintä on hankalaa. Tällä tavalla jaettu kokonaistoiminto on lähinnä havainnollistava, eikä sillä ole juurikaan käytännön merkitystä rakenteen suunnittelussa. Ratkaisuvaihtoehtojen etsimisen helpottamiseksi kokonaistoiminto on syytä jakaa osatoimintoihin. (4, s. 83.)

3.4.2 Osatoiminnot

Osatoimintoihin jakamisen tarkoituksena on tehdä suunnittelutyöstä yksiselitteisempää. Tarkasteltaessa kokonaista järjestelmää muuttujia on paljon, jolloin ratkaisuvaihtoehtojen löytäminen on hankalaa. Kokonaisuudesta irrotetuille osatoiminnoille on helpompi löytää ratkaisuvaihtoehtoja, koska rakenteiden keskinäisiin suhteisiin ei kiinnitetä tarpeettoman paljon huomiota. (3, s. 83.)

Kuvassa 6 mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto on jaettu kuuteen osatoimintoon. Kaavio alkaa abstrahoinnissa esitetyn ongelman muotoilulla. Osatoiminnot ovat mekaaninen suojaus, kuoren kannattelu, komponenttien kiinnittäminen kuoren sisälle, kotelon jäähdytys, kuoren kiinnittäminen kääntömekanismiin sekä kotelon kohdistaminen.



KUVA 6. Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin

3.5 Kilpailija-analyysi ja vastaavat tuotteet

Vastaavia tuotteita ja erilaisia ratkaisuja käsiteltävästä aihepiiristä löytyi runsaasti. Markkinoiden vastaavista tuotteista etsittiin niiden parhaita puolia. Suunnittelussa kiinnitettiin huomiota myös huonoihin ominaisuuksiin. Tällä tavalla vältetään tekemästä samoja virheitä kuin kilpailijat.

Laitteiden liittäminen prosessiin vaatii myös telineen ja kääntömekanismin. Telineistä tehtiin myös kilpailija-analyysiä ja tutustuttiin markkinoilla oleviin ratkaisuihin. Kuvassa 7 on esitetty markkinoilta löytyviä telineratkaisuja. Telineratkaisujen yhteydessä tutustuttiin myös kääntömekanismin toteutusvaihtoehtoihin. Muita arvioitavia seikkoja olivat materiaalivalinnat, koteloiden suojaus sekä kosteuden ja lämpötilan pitäminen laitteiden toiminnan kannalta optimaalisena.
































KUVA 7. Erilaisia kameroiden suojaus- ja telinemalleja (5; 6; 7; 8; 9; 10)

3.6 Morfologinen laatikko

Morfologinen laatikko on jäsentelykaavio, jossa esitetään osatoiminnoille määritellyt ratkaisuvaihtoehdot. Morfologisessa laatikossa kukin osatoiminto on esitet-

ty omalla rivillään. Kaikille osatoiminnoille ei välttämättä löydä samaa määrää ratkaisuja. Tällöin taulukkoon jätetään tyhjä kohta. Kuvassa 8 on esitetty osatoiminnot ja ratkaisuvaihtoehdot morfologisessa laatikossa. (3, s. 89.)

		Ratkaisuvaihtoehto							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Osatoiminto									
1	Mekaaninen suojaus								
2	Kuoren kannattelu								
3	Komponenttien kiinnittäminen kuoren sisään								
4	Kotelon jäähdytys								
5	Kuoren kiinnitys kääntömekanismiin								
6	Kotelon kohdistaminen								

KUVA 8. Laitteen osatoiminnot morfologisessa laatikossa

Osatoiminto 1 on komponenttien ympäristöstä eristämiseen tarkoitettu kotelo. Tässä vaiheessa on keskitytty kotelorakenteen muotoon. Kotelon muita ominaisuuksia ovat seinämän paksuus ja valmistusmateriaali.

Osatoiminto 2 on kuoren kannattelu. Telineen avulla mittalaitteiden suojaus voidaan kiinnittää seinään, kaiteeseen tai muuhun soveltuvaan liitospintaan. Tuotteen ulkonäköä mietittäessä olisi syytä pitää muoto yhtenäisenä. Toisin sanoen pyöreää kotelomuotoa käytettäessä olisi suositeltavaa käyttää pyöreitä muotoja myös muissa rakenteissa.

Osatoiminto 3 on komponenttien kiinnittäminen kuoren sisäpuolelle. Liukukisko soveltuu hyvin tasaisten neliskulmaisten kappaleiden kiinnitykseen. Ympyräkiinnike sopii muotonsa puolesta hyvin lieriökappaleille. Sisäkiinnikkeet suunnitellaan kiinnitettävien komponenttien geometrioiden mukaan.

Osatoiminto 4 on kotelon jäähdytys. Tuote sijoittuu teollisuuden prosessiin, jossa lämpötilanvaihtelut ovat suuria. Jäähdytysmenetelmän valinta perustuu luvussa 4 esitettyyn lämpösäteilyn vaikutusten arviointiin.

Morfologisen laatikon kohdan 4-4 peltier-elementti on pienikokoinen, joten se sopii hyvin ahtaaseen koteloon. Huonoina puolina on kuitenkin huono hyötysuhde ja peltier-elementin toimintaperiaatteista aiheutuva levyn kuumapuolen voimakas jäähdytystarve.

Morfologisen laatikon kohdassa 4-2 on esitetty vortex-putki. Vortex-putkea käytettäessä jäähdytys tapahtuu paineilman avulla. Vortex-putkessa paineilmaista erotetaan kylmä ja kuuma ilmavirta. Vortex-putken käyttöä puoltaa ratkaisun yksinkertaisuus ja edullinen hinta. Käyttökustannuksia aiheuttaa kuitenkin suuri instrumentti-ilman tarve.

Vesikierto soveltuu hyvin jäähdytysmenetelmäksi erittäin kuumiin kohteisiin. Huonoina puolina vesijäähdytyksessä ovat muihin verrattuna monimutkainen rakenne, kosteusvaurion vaara ja korkea hinta.






























Vaihtoehto lämpösäteilystä aiheutuvien haittojen torjumiseen on mittalaitteiden suojauksen ja lämpösäteilyä lähettävän kohteen väliin asetettava suojalevy. Suojalevyn tarkoitus on estää lämpösäteilyn vaikutus suoraan mittalaitteiden suojauksen pintaan. Luvussa 3.9.2 on todettu, että yli 3 mm paksu teräslevy on lämpösäteilyn suhteen läpikuultamaton.

Osatoiminto 5 on kotelon kiinnittäminen kääntömekanismiin. Pellistä taivutettu kiinnike hitsattuna kotelon runkoon on edullisin vaihtoehto. Pantakiinnityksen tapauksessa käyttöä puoltaa kotelon nopea asennus.

Osatoiminto 6 on mittalaitteiden kohdistamisen mahdollistava kääntömekanismi. Tämän osatoiminnon valintaan vaikuttaa muun muassa mahdollisuus käyttää valmiita kaupallisia tuotteita. Tällä tavalla kustannuksia saadaan pienennettyä.

3.7 Huonojen vaihtoehtojen karsiminen morfologisesta laatikosta

Morfologisen laatikon ideana on etsiä kaikille osafunktioille mahdollisimman monta ratkaisuvaihtoehtoa. Ideointi pyritään pitämään vapaana, eikä siinä keskitytä osafunktioiden välisiin toiminnallisiin suhteisiin. Tämän takia taulukossa on todennäköisesti täysin tilanteeseen soveltumattomia ratkaisuja. Nämä ratkaisut voidaan poistaa. Kuvassa 9 on esitetty hylätyt ratkaisuvaihtoehdot.

		Ratkaisuvaihtoehto							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Osatoiminto									
1	Mekaaninen suojaus								
2	Kuoren kannattelu								
3	Komponenttien kiinnittäminen kuoren sisään								
4	Kotelon jäähdytys								
5	Kuoren kiinnitys kääntömekanismiin								
6	Kotelon kohdistaminen								

KUVA 9. Hylätyt ratkaisuvaihtoehdot morfologisessa laatikossa











































Hylättävien ratkaisuvaihtoehtojen valintaa ei suoriteta mielivaltaisesti. Taulukossa 6 on esitetty perustelut hylätyille ratkaisuvaihtoehdoille.

TAULUKKO 6. Perustelut hylätyille ratkaisuvaihtoehdoille

	Osatoiminto	Hylätty ratkaisuvaihtoehto	Perustelut hylkäämiselle
1	Mekaaninen suojaus	2	Ei sovellu kyseiseen käyttökohteeseen ovaalimuodon takia
		4	Suuri ja liian monimutkainen
		5	Pöly kerääntyy kotelon päälle
		6	Liian suuri, pöly kerääntyy kotelon päälle
2	Kuoren kannattelu	1	Lyhyt ulottuvuus, altis värinöille
		4	Tukiripojen leikkaus ja hitsaaminen tuo turhia lisäkustannuksia.
		5	Altis värinöille
		7	Altis värinöille, paljon hitsausliitoksia
3	Komponenttien kiinnittäminen kuoren sisään	1	Nostaa valmistuskustannuksia, ei merkittävää hyötyä
		4	Liian suuri kaupallinen komponentti, kasvattaa kotelon sisähalkaisijaa tarpeettoman suureksi
4	Kotelon jäähdytys	1	Vie liikaa tilaa, huono hyötysuhde
		4	Huono hyötysuhde
5	Kuoren kiinnitys kääntömekanismiin	1	Suuret valmistuskustannukset

3.7.1 Valintataulukko

Valintataulukkoon kootaan laitteen tärkeimmät kriteerit. Näiden kriteerien perusteella valitaan morfologisesta laatikosta jäljellä olevista vaihtoehdoista ratkaisuvaihtoehtoja. Tärkeimmät kriteerit löytyvät vaatimuslistasta, joka on esitetty luvun 3.2 taulukossa 3. Kuvassa 10 on esitetty valituista osatoiminnoista kasattuna seitsemän ratkaisuvaihtoehtoa.

		Ratkaisu						
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
Osatoiminto								
1	Mekaaninen suojaus							
2	Kuoren kannattelu							
3	Komponenttien kiinnittäminen kuoren sisään							
4	Kotelon jäähdytys							
5	Kuoren kiinnitys kääntömekanismiin							
6	Kotelon kohdistaminen							

KUVA 10. Seitsemän ratkaisuvaihtoehtoa morfologisessa laatikossa

Kuvasta 10 valitaan jatkokehitykseen soveltuvat osasovellusyhdistelmät. Valinnassa käytetään apuna taulukossa 7 olevaa ratkaisuvaihtoehtojen valintataulukkoa. Kotelon jäähdytys sisältää jokaisessa ratkaisuvaihtoehdossa vähintään 4 mm paksuisen teräksestä valmistetun suojalevyn, joka asetetaan mittalaitteiden suojaus- ja lämpösäteilyä lähettävän kohteen välille.



















TAULUKKO 7. Ratkaisuvaihtoehtojen valintataulukko

Ratkaisuvaihtoehdot	A	B	C	D	E	F	G	H	Huomautukset	Päätökset
Kotelon malli on putki										
Helppo kohdistaa										
Lukitusmahdollisuus valittuun asentoon										
Valmiiden komponenttien käyttömahdollisuus										
Helppo kohdistaa										
Lämpö ja lika eivät aiheuta ongelmia										
Telineen värinät pysyvät kohtuullisena										
Mittalaitteiden asentaminen putken sisään helppoa										
V1	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	?	(-)		(+)
V2	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	?	(+)		(-)
V3	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	?	(-)		(+)
V4	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	?	(+)		(-)
V5	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	?	(-)	Ei kotelon paineistusta	(-)
V6	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	?	(+)		(-)
V7	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	?	(+)		(+)

Valintakriteerit
(+) Kyllä
(-) Ei
(?) Tiedon puute
(!) Vaatimuslista tarkistettava

Päätökset
(+) Kehitetään eteenpäin
(-) Karsitaan
(?) Hankitaan lisää tietoa
(!) Muutetaan vaatimuslistaa

Taulukon 7 perusteella jatketaan vaihtoehtojen V1, V3 ja V7 kehittämistä. Ratkaisuvaihtoehdot on esitetty kuvassa 11.

		Ratkaisu		
		V1	V3	V7
Osatoiminto				
1	Mekaaninen suojaus			
2	Kuoren kannattelu			
3	Komponenttien kiinnittäminen kuoren sisään			
4	Kotelon jäähdytys			
5	Kuoren kiinnitys kääntömekanismiin			
6	Kotelon kohdistaminen			

KUVA 11. Kehitettäväksi valitut ratkaisuvaihtoehdot

3.7.2 Ratkaisuvaihtoehtojen analysointi

Kuvasta 11 nähdään, että jokaisessa ratkaisuvaihtoehdossa on kolme samaa osatoiminnon ratkaisumenetelmää. Nämä ovat kuoren pyöreä muoto, kuoren kiinnitys kääntömekanismiin sekä kotelon jäähdytys vortex-putkella. Lisäksi jokaisessa ratkaisuvaihtoehdossa lämpösäteilyn vaikutuksia ehkäistään 4 mm paksulla suojalevyllä.

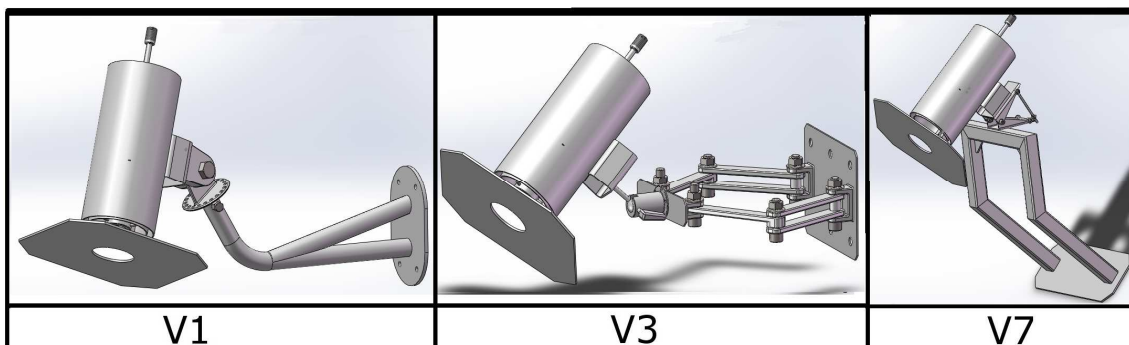
Pyöreän ulkokuori ei kerää päällensä pölyä. Tämä on tärkeä seikka, koska lika kotelon pinnassa nostaa pinnan emissiivisyyttä. Pinnan emissiivisyyden nousu lisää pinnan kykyä ottaa vastaan säteilylämpöä. Tästä seuraa lämpösäteilyn aiheuttamaa lämmönnousua kotelon sisällä. Pyöreä muoto on visuaalisesti miellyttävä. Tässä tapauksessa pyöreä muoto sopii myös tuotteen mahdolliseen jatkokehitykseen. Valmistusteknisesti pyöreä muoto on helppo toteuttaa joko valmiista putkiprofiilista tai levystä mankeloimalla.

Kuori on kiinnitetty jokaisessa ratkaisuvaihtoehdossa kääntömekanismiin levyistä taitetun hitsattavan kiinnikkeen avulla. Syy kiinnitystyyppin valintaan on asennuksen helppous sekä edulliset valmistuskustannukset.

Kolmas yhteinen ratkaisuvaihtoehtojen osatoiminto on jäähtytyksen toteuttaminen vortex-putkella. Vortex-putken ominaisuudet suhteutettuna hintaan, asennuksen helppouteen ja jäähdytyskapasiteettiin ovat tässä ratkaisussa ylivoimaiset muihin menetelmiin verrattuna. Vortex-putken toimintaperiaate on esitetty liitteessä 6.

3.8 Konkretisointi ja pistearviointi

Tässä vaiheessa esitetään valitut ratkaisuvaihtoehdot konkreettisessa muodossa. Suoritetaan myös jatkokehitykseen valittavan yhdistelmän valinta pistearvostelua apuna käyttäen. Kuvassa 12 on esitetty edellä käsiteltyjen vaihtoehtojen V1, V3 ja V7 yksinkertaiset kokoonpanokuvat.



KUVA 12. Kehitettäväksi valittujen ratkaisuvaihtoehtojen yksinkertaiset kokoonpanokuvat

Taulukossa 8 on esitetty edellä käsiteltyjen ratkaisuvaihtoehtojen pistearviointi. Kyseiseen taulukkoon on listattu arvostelukriteerit ja jokaiselle kriteerille on annettu painokerroin g_i . Arvostelu voidaan suorittaa myös painottomana arvolla w_j . Nämä arvot on määritetty taulukossa 8. Jokainen painokerroin tuo osansa optimiratkaisuun. Painokertoimien summa $\sum g_i = 1$.

TAULUKKO 8. Ratkaisuvaihtoehtojen pistearviointi

Arvostelukriteerit	Painokerroin g_i	Vaihtoehto V1		Vaihtoehto V3		Vaihtoehto V7	
		Arvo w_j	Arvo $g_i w_j$	Arvo w_j	Arvo $g_i w_j$	Arvo w_j	Arvo $g_i w_j$
Yksinkertainen toteutus- tapa	0,1	5	0,5	6	0,6	4	0,4
Mahdollisuus käyttää valmiita komponentteja	0,2	2	0,4	7	1,4	2	0,4
Osat edullisia valmistaa	0,1	2	0,2	7	0,7	8	0,8
Lukituksen varmuus	0,2	4	0,8	5	1	5	1
Kohdistettavuus mit- tauspisteeseen	0,2	8	1,6	7	1,4	7	1,4
Yksinkertainen asentaa	0,12	8	0,96	6	0,72	6	0,72
Nopea asentaa	0,08	8	0,64	8	0,64	8	0,64
	$\Sigma g_i 1$	Σw_j	$\Sigma g_i w_j$	Σw_j	$\Sigma g_i w_j$	Σw_j	$\Sigma g_i w_j$
	1	37	5,1	46	6,46	40	5,36

Merkitys	Arvo
Sopimaton	0
Puutteellinen	1
Vaikea ratkaista	2
Hyväksyttävä	3
Riittävä	4
Tyydyttävä	5
Hyvä, vähäisiä puutteita	6
Hyvä ratkaisu	7
Erittäin hyvä	8
Yli tavoitteen	9
Ideaaliratkaisu	10

Ratkaisuvaihtoehtojen pistearviointiin perustuen valitaan kehitettäväksi ratkaisuvaihtoehdoksi V3.

3.9 Vortex-putken valinta

Vortex-putken valinta mittalaitteiden suojauksen jäähdytykseen perustuu Juha Vesterisen suorittamiin lämpötilamittauksiin Outokummun Tornion terästehtaan terässulatolla 23.11.2012. (11, s. 68.)

3.9.1 Lämmönlähde

Juha Vesterisen tekemissä mittauksissa lämmönlähteenä on ollut 167 mm paksu jatkuvavalettu teräsaihio. Aihio on ollut noin 2 700 - 2 900 mm etäisyydellä mittauspisteestä. Teräsaihion lämpötila on ollut mittausten aikana noin 850 °C. Valukohtaiset valuaajat ja aihioleveydet on esitetty taulukossa 9. (11, s. 70.)

TAULUKKO 9. Valuaajat ja aihioleveydet jatkuvavaluissa (11, s. 70)

Valu	Valuaika	Aihionleveys
1.	1 h 10 min	1400 mm
2.	2 h 30 min	1200 mm
3.	1 h 10 min	1400 mm
4.	3 h 35 min	1610 mm

3.9.2 Kuvaajien tulkinta

Liitteessä 4 esitetystä kuvaajasta nähdään, että säteilyteho saavuttaa maksimiarvonsa hyvin nopeasti valun aloituksen jälkeen. Säteilytehon hetkellinen huippuarvo on noin 4,5 kW/m². Valun lopussa kuvaajasta voidaan huomata kuvaajan kulmakertoimen pieneneminen. Toisin sanoen valun loputtua säteilymittari havaitsee vaimenevaa säteilyä. Tämä vaimeneva säteily on peräisin valun aikana kuumenneista aihion ympärillä olevista rakenteista. Jälkilämpöä hohtavat rakenteet lämmittävät ympäröivää ilmaa.

Mittalaitteiden suojauksen pinnan puhtaudella ja materiaalilla on suuri merkitys lämpösäteilystä aiheutuvan kotelon sisälämpötilan nousun ehkäisemisessä. Suojarakenteen pinnan emissiivisyyden tulee olla mahdollisimman pieni, jotta pinta heijastaa säteilyä mahdollisimman paljon. Pinnan emissiivisyyskerrointa

voidaan pienentää käyttämällä heijastavia materiaaleja, esimerkiksi harjattua ruostumatonta terästä. Pinta voidaan myös maalata alumiinimaalilla. (11, s. 5.)

Liitteessä 4 on esitetty pintalämpötilat suojaamattomassa ja suojatussa teräspalkissa valujen aikana. Suojaamattoman teräspalkin lämpötila nousi lukemaan 360 °C. Teräslevyllä suojatun palkin lämpötila nousi vastaavasti lukemaan 125 °C. Palkin lämpötila putosi siis karkeasti kolmasosaan suojauksen ansiosta. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että 3 mm:n paksuinen teräslevy toimii hyvin lämpösäteilyn suojana. Kotelon seinämänpaksuudesta seuraa, että koteloa voidaan pitää säteilyn kannalta läpikuultamattomana. (11, s. 62.)

Käytettäessä teräslevyä säteilylämpösuojana on otettava huomioon teräksen pieni ominaislämpökapasiteetti ja suuri lämmönjohtavuus. Ohuen teräsrakenteen pintalämpötila voi nousta varsin nopeasti. Lämpötilan nousu riippuu lämmönlähteestä saapuvan lämpöenergian määrästä. Liitteessä 3 on esitetty ruostumatoman teräksen lämmönjohtavuus lämpötilan funktiona sekä ruostumatoman teräksen ominaislämpökapasiteetti lämpötilan funktiona. (11, s. 62.)

Liitteen 4 kuvaajasta nähdään, että ympäristön lämpötila nousee hetkellisesti lämpötilaan 65 °C. Keskimääräinen ympäristön lämpötila valujen aikana on noin 50 °C. Ilman lämpötila saavuttaa huippuarvonsa noin 50 minuutin kuluttua lämpösäteilyn alkamisesta. Ympäristön maksimilämpötilaa käytetään valittaessa jäähdytykseen riittävä vortex-putki. (11, s. 76.)

Mittalaitteiden suojauksen ylipaineistamiseen ja jäähdytykseen käytetään tässä tarkastelussa paineilmaa. Paineilman jäähdytykseen käytetään vortex-putkea. Seuraavaksi valitaan erään vortex-putken valmistajan antamien mitoitusohjeiden avulla mittalaitteiden suojauksen jäähdytykseen soveltuva vortex-putki. Mitoitusohjeet on esitetty liitteessä 7.

Vortex-putken mitoitukseen vaadittavat lähtötiedot ovat

$$T_{y \max} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{s \max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

missä,

$T_{y \max}$ ympäristössä oleva maksimilämpötila,

$T_{s \max}$ mittalaitteiden suojauksen sallitun sisälämpötilan yläraja ja

ΔT lämpötilaero ympäristön ja mittalaitteiden suojauksen sisälämpötilan välillä.

Seuraavaksi määritetään lieriön pinta-ala koteloon kohdistuvan lämpökuorman selvittämiseksi. Lieriön pinta-ala määritetään kaavalla 1 (12, s. 29.).

$$A_{\text{kok}} = 2A_p + A_v$$

$$A_{\text{kok}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \pi d h$$

KAAVA 1.

missä,

A_{kok} on suhteellinen momentti,

A_p lieriön päädyn pinta-ala,

A_v lieriön vaipan ala,

d lieriön halkaisija ja

h lieriön korkeus.

Lieriön pinta-alaksi saadaan

$$A_{\text{kok}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,13 \text{ m}^2}{4} + \pi \cdot 0,13 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} = 0,19 \text{ m}^2 \approx \underline{\underline{0,2 \text{ m}^2}}.$$

Liitteestä 7 nähdään, että lämpötilaerolla $\Delta T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ jäähdystarve on noin 410 Kcal/hr/m^2 .

Koteloon kohdistuva ulkoinen lämpökuorma on tällöin

$$0,2\text{ m}^2 \cdot 410\text{ Kcal/hr/m}^2 = 8,2\text{ Kcal/hr}.$$

Oletetaan sisäisiksi lämpökuormiksi keskimäärin 10 W, jolloin saadaan

$$10\text{ W} \cdot 0,86 = 8,6\text{ Kcal/hr}.$$

Sisäisen ja ulkoisen lämpökuorman summa on

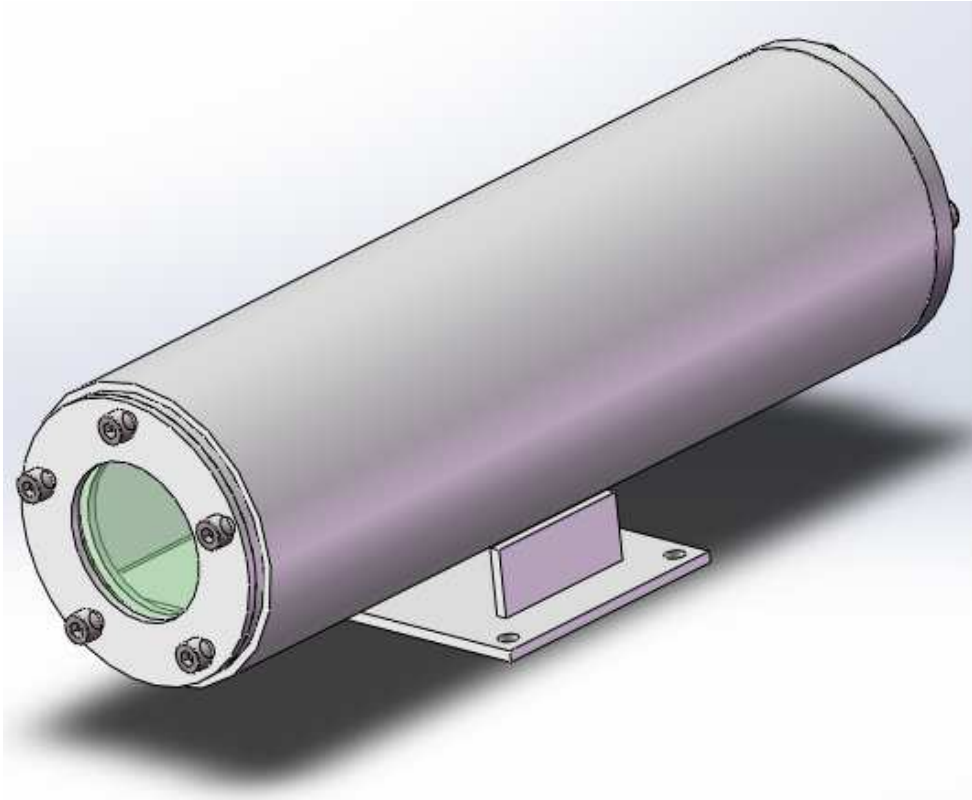
$$(8,2 + 8,6)\text{ Kcal/hr} = 16,8\text{ Kcal/hr}.$$

Valitaan liitteessä 8 esitetystä 3200-sarjan vortex-putkivalikoimasta malli 3204, jonka jäähdytyskapasiteetti 6,9 baarin paineella on 69 Kcal/hr.

3.10 Tulosten esittely

Mittalaitteiden suojauksen päätehtävänä on eristää mittalaitteet ympäristöstä ja asemoida ne prosessiin tarkkoja mittauksia varten. Mittalaitteiden suojauksen päämitat määräytyvät kohdassa 3.2 esitetyn vaatimuslistan mukaisesti. Kotelon sisälle sijoitettavat komponentit määrittävät osaltaan kotelon mitat. Kotelon tulee myös erottua tehdasympäristöstä, joten kotelosta tulee suurempi kuin komponentit vaativat.

Sisähalkaisijan valintaan vaikuttaa saatavilla olevien valmisputkien koko. Kotelon pituudeksi valittiin 400 mm ja ulkohalkaisijaksi 133 mm. Kuvassa 13 on esitetty mittalaitteiden suojauksen kokoonpanokuva. Mittalaitteiden suojauksen malliluettelo ja piirustukset on esitetty liitteessä 2.



KUVA 13. Mittalaitteiden suojauksen kokoonpano

Lopulliseen mittalaitteiden suojauksen kokoonpanoon päästiin noudattamalla systemaattisen suunnittelumetodin periaatteita. Vaatimuslista laadittiin annettujen lähtötietojen perusteella ja vaatimukset abstrahoitettiin mahdollisimman yksinkertaiseen muotoon. Tämän jälkeen mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto jaettiin osatoimintoihin ja osatoiminnoille etsittiin ratkaisuvaihtoehtoja morfologisessa laatikossa. Markkinoilta etsittiin vastaavia tuotteita ja vertailtiin niiden ominaisuuksia.

Mittalaitteiden suojaus sijoitetaan kuumiin prosessiolosuhteisiin, joten se vaatii jäähdytyslaitteiston. Ylipaineistamiseen ja jäähdyttämiseen käytetään paineilmaa ja vortex-putkea. Tällöin mittalaitteet ovat suojassa pölyltä, ylikuumenemiselta ja mekaanisilta iskuilta.

Mittalaitteiden suojaus voidaan kiinnittää ja kohdistaa haluttuun kohteeseen liitteessä 5 esitetyn kiinnitysjärjestelmän avulla. Kotelo-osa kiinnitetään kiinnitys-

järjestelmään kotelon runkoon hitsattavalla kiinnityslevyllä, joka sisältää neljä reikää pultteja ja vastinmuttereita varten.

Kunnossapidollisesti ajateltuna mittalaitteiden suojaus on helppo asentaa ja purkaa. Mittalaitteiden suojauksen päädyssä on vaihdettava suojalevy likaantumisen ja naarmuuntumisen varalta. Osien suunnittelussa on suosittu ruuviliitoksia huollettavuuden takia. Päätylaipassa olevat johtojen läpiviennit sisältävät vedonpoistot. Läpivientitulpat on esitetty liitteessä 11.

Jatkokehityksessä voitaisiin keskittyä muun muassa kotelorakenteen todellisen sisälämpötilan mittaamiseen ja kiinnitysjärjestelmän toiminnan testaamiseen. Sisälämpötilan mittaamisella voidaan varmistaa mittalaitteiden optimaalinen toimintalämpötila. Kiinnitysjärjestelmän havainnoinnissa tulee kiinnittää huomiota mittalaitteiden suojauksen aseman pysymiseen ja mittalaitteiden suojauksen kohdistamisen vaivattomuuteen.

Tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa mittalaitteiden suojauksen prototyypin valmistus on käynnistymässä. Sen vuoksi mittalaitteiden suojauksen testausta toimintaympäristössä ei voida vielä esittää.

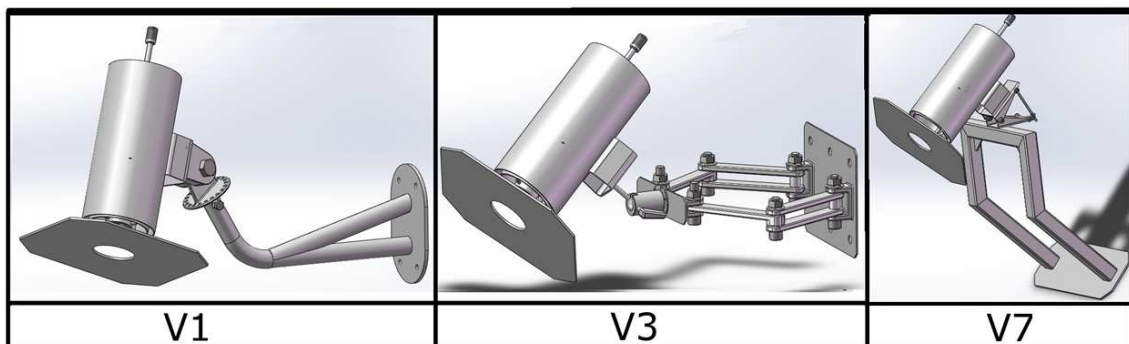
Työn tulokset vastasivat mielestäni hyvin asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Suunnittelutyö mukaili hyvin systemaattista suunnittelumetodi VDI 2222:sta ja aikataulussa pysyttiin. Uskon, että mittalaitteiden suojaus parantaa komponenttien mittatarkkuutta, kestoikää ja käyttöturvallisuutta.

4 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin mittalaitteiden suojausratkaisut tilaajayrityksen tarpeisiin. Mittalaitteiden suojausratkaisujen päävaatimus oli eristää mittalaitteet ympäristöstä ja asemoida ne prosessiin tarkkoja mittauksia varten. Työhön kuului toimivan laitteen valmistamiseen vaadittavat kokoonpano- ja työpiirustukset sekä yhteistyöyrityksen etsiminen Oulun seudulta valmistusta ajatellen.

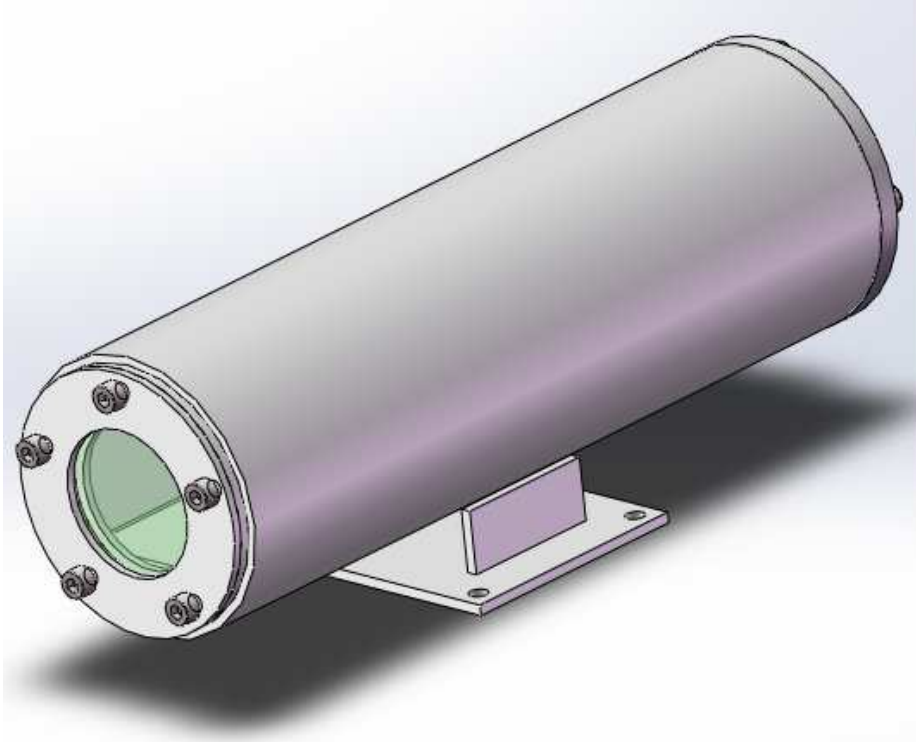
Suunnittelutyössä käytettiin systemaattisen suunnittelutyön metodeja. Vaatimusta laadittiin annettujen lähtötietojen perusteella ja vaatimukset abstrahoitettiin mahdollisimman yksinkertaiseen muotoon. Tämän jälkeen mittalaitteiden suojauksen kokonaistoiminto jaettiin osatoimintoihin ja osatoiminnoille etsittiin ratkaisuvaihtoehtoja morfologisessa laatikossa. Markkinoilta löytyi runsaasti erilaisia mittalaitteiden suojausmalleja, jotka osaltaan helpottivat ratkaisuvaihtoehtojen etsimistä.

Systemaattisen suunnittelutyön metodeja mukailemalla mittalaitteiden suojauskelle saatiin kolme ratkaisuvaihtoehtoa, joista valittiin yksi ratkaisuvaihtoehto jatkokehitykseen. Valinnan suorittamiseen käytettiin pistearviointimenetelmää. Kuvassa 14 on esitetty kolme ratkaisuvaihtoehtoa, joista pistearviointimenetelmällä jatkokehitykseen valittiin ratkaisuvaihtoehto V3.



KUVA 14. Kolme ratkaisuvaihtoehtoa

Suunnittelutyön tuloksena saatu mittalaitteiden suojauksen kokoonpano on esitetty kuvassa 15. Malliluettelo ja piirustukset on esitetty liitteessä 2. Mittalaitteiden suojauksen kiinnitysjärjestelmä on ostokomponentti ja se on esitetty liitteessä 5. Kaapeleiden läpiviennit on esitetty liitteessä 11.



KUVA 15. Valmiin suunnitelman ja ratkaisuvaihtoehtojen vertailu

Jäähdytykseen käytettäväksi vortex-putkeksi valittiin liitteessä 8 esitetystä 3200-sarjan vortex-putkivalikoimasta malli 3204, jonka jäähdytyskapasiteetti 6,9 baarin paineella on 69 Kcal / hr.

Lopullista tuotetta ja suunnitelmaa vertailtaessa huomataan selkeä kehityslinja. Kuoren muoto on pysynyt samana koko suunnitteluprojektin ajan. Lopullisessa tuotteessa kustannuksia on pyritty minimoimaan yksinkertaistamalla muotoja sekä käyttämällä valmiita komponentteja.

Lähtötietomuistiossa (liite 1) ja johdannossa asetetut vaatimukset täyttyivät mielestäni suunnittelun osalta hyvin. Yhteistyö Mectalent Oy:n kanssa käynnistyi ripeästi. Mittalaitteiden suojauksen ulkomitat ovat vaatimusten mukaisia ja suojattavat komponentit mahtuvat koteloinnin sisään. Mittalaitteiden suojaus sisältää vaaditun kiinnitysjärjestelmän, jolla laitteisto voidaan kiinnittää osaksi terästeollisuuden prosessia. Uskon, että mittalaitteiden koteloinnilla saavutetaan mittalaitteiden pidentynyt käyttöikä, käyttöturvallisuus sekä parantunut mittaustulosten laatu ja luotettavuus.

Tätä raporttia kirjoitettaessa prototyypin valmistus on käynnistymässä. Valmistus aloitetaan koneistamalla yksinkertaisimpia komponentteja. Kaikkia vaatimustan vaatimuksia ei pystytä tässä vaiheessa vielä todentamaan opinnäytetyön rajallisen aikataulun vuoksi. Tämän seurauksena tulevaisuudessa on tärkeää keskittyä jatkokehitykseen.

LÄHTEET

1. Sapotech Oy. 2012. Saatavissa: <http://sapotech.fi>. Hakupäivä 7.2.2013.
2. Beitz, Wolfgang – Pahl Gerhard 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
3. Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
4. Jokinen, Tapani 1993. Tuotekehitys. 3. painos. Helsinki: Kyriiri Oy.
5. The Bosch Group. EX62-HSG-H Camera Enclosure. Saatavissa. <http://www.govgroup.com/the-bosch-group-ex62-hsg-h-camera-enclosure-2475629-prd1.htm>. Hakupäivä. 8.5.2013.
6. Veilux. Liquid cooling dustproof Housing. SVEX-HSF. 3015 Eagle Drive, Suite 100, Grand Prairie, Texas 75052. Saatavissa. <http://securitycameraagent.com/Veilux-Liquid-Cooling-Dustproof-Housing-SVEXHSF.html>. Hakupäivä 8.5.2013.
7. SVAT Electronics. Outdoor imitation security camera and blinking LED. ISC200. Saatavissa. <http://salestores.com/svatel59.html>. Hakupäivä. 8.5.2013.
8. AVEX CCTV PTE LTD. Weatherproof & weather resistant 18" cctv camera housing with wiper, sunshield & auto-heater, IP-68 - stainless steel. AENCL-8210. Saatavissa. http://www.avexcctv.com/aencl-8210_weatherproof_weather_resistant_stainless_steel_cctv_camera_housing_with_wiper_auto-heater_and_sunshield.html?category_id=8. Hakupäivä. 8.5.2013.

9. Videotec mounting brackets security camera mount. VTC-DBH04. Saatavissa. <http://www.barcodediscount.com/catalog/videotec/part-dbh04.htm>. Hakupäivä. 8.5.2013.
10. 100kg stainless steel surveillance camera wall mounting bracket. SVEX-M25. Saatavissa. <http://www.securitycameraking.com/100kg-stainless-steel-surveillance-camera-57298-prd1.html>. Hakupäivä 8.5.2013.
11. Vesterinen, Juha 2012. Rakenteiden suojaus lämpösäteilyltä ääriolosuhteissa terästeollisuudessa yleisillä suojausmenetelmillä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa. <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fospace.cc.tut.fi%2Fpub%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F21382%2FVesterinen.pdf%3Fsequence%3D3&ei=NEVRUbrsGqSR4ASEo4GgBQ&usq=AFQjCNFBYFBUzaoZXtYem2HEEIZoXBz1sw&bvm=bv.44158598,d.bGE>. Hakupäivä. 26.3.2013.
12. Valtanen, Esko 2007. Tekniikan taulukkokirja. 14. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Salainen

Liite 3 Salainen

Liite 4 Salainen

Liite 5 Salainen

Liite 6 Salainen

Liite 7 Salainen

Liite 8 Salainen

Liite 9 Salainen

Liite 10 Salainen

Liite 11 Salainen

LÄHTÖTIEDOMUISTIO

Tekijä Pekka Tomperi

Tilaaja Sapotech Oy

Tilaajan yhdyshenkilö

Juha Roininen

Työn nimi

Suojausratkaisut ja alihankinnan organisointi mittalaitteille Oulun alueella

Työn kuvaus

Optisten mittalaitteiden suojausratkaisut metalli- ja energiateollisuuden olosuhteisiin. Yhteistyöyritysten ja alihankinnan organisointi Oulun seudulla työhön liittyen.

Työn tavoitteet

Tavoitteena on suunnitella PK-yrityksen tarpeisiin tehokas case-ratkaisu optisten mittalaitteiden suojauksesta ja asemoinnista teräs- ja energiateollisuuden tarpeisiin.

Tavoiteaikataulu

Työ suoritetaan opinnäytetyön vaatimassa aikataulussa. Arvioitu työn valmistuspäivämäärä on 4.6.2013

Päiväys ja allekirjoitukset